

## TITLE OF THE INVENTION

パケット処理装置およびパケット処理方法

## BACKGROUND OF THE INVENTION

本発明は、パケット交換網を介して受信したパケットストリームを処理する技術に関し、特に、オーディオ信号あるいはビデオ信号を表すパケットストリームのリアルタイム再生処理に好適な技術に関する。

近年、V o I P (Voice over IP) 等のパケット交換網を利用したリアルタイム通信システムが提案されている。

この種のリアルタイム通信システムでは、送信側において、リアルタイム性が要求されるメディアデータ信号（通話音声等のオーディオ信号や動画映像等のビデオ信号）をサンプリング周期でサンプリングし、パケット化して、パケット交換網へ送出する。これにより、送信側は、メディアデータ信号を表すパケットストリームを構成する各パケットを、前記サンプリング周期に従って、順番に、パケット交換網へ送出する。そして、受信側において、前記パケットストリームを構成する各パケットを、パケット交換網を介して受信し、その受信順に従って処理することで、前記パケットストリームが表すメディアデータ信号を再生する。

ところで、パケット交換網を介して通信を行なう場合、パケット交換網上でのパケット伝送遅延時間の変動（以下、伝送ゆらぎと呼ぶ）により、受信側におけるパケット受信周期が、送信側におけるパケット送出周期すなわちメディアデータ信号のサンプリング周期からずれることがある。この場合、受信側において、パケット交換網より受信したパケットを直ちに処理すると、送信側から送信されたパケットストリームを構成する各パケットを、前記サンプリング周期に従い、順番に、連続して処理することができなくなる。この結果、メディアデータ信号の途切れやつぶれが発生する。

図8は、受信側において、パケット交換網より受信したパケットを直ちに処理する場合のメディアデータ信号の流れを説明するための図である。

図中、符号701は、パケット送信装置に入力されるメディアデータ信号である入力信号、符号702はパケット受信装置より出力されるメディアデータ信号

である再生信号、符号703は、パケット送信装置よりパケット交換網へ送出されるパケットストリーム、そして、符号704は、パケット受信装置がパケット交換網を介して受信したパケットストリームである。また、符号705は、パケット送信装置が入力信号701からパケットストリーム703を生成するためのサンプリング周期 $T_1$ 、そして、符号706は、パケット送信装置がパケットストリーム703を構成する各パケットを順次パケット交換網へ送出する際のパケット送出周期 $T_2$ である。一般に、リアルタイム通信では、サンプリング周期 $T_1$ 、705とパケット送出周期 $T_2$ 、706とが一致する。また、符号707は、パケットのパケット交換網上での伝播遅延時間 $T_3$ である。

さて、図8において、パケットストリーム703中の1番目および2番目のパケットのように、連続する複数パケットの各伝播遅延時間 $T_3$ 、707が同じ場合、パケット受信装置での当該連続する複数パケットのパケット受信間隔 $T$ がパケット送信装置のパケット送出周期 $T_2$ 、706と一致する。この場合、パケット受信装置において、あるパケットに対する再生処理が終了したタイミングで、当該パケットの次に再生処理すべきパケットの再生処理が開始される。したがって、パケット受信装置において、パケットをパケット交換網より受信した後に直ちに処理しても、再生信号の途切れやつぶれを発生させることなく、再生信号を再生することができる。

一方、パケットストリーム703中の2番目および3番目のパケットのように、連続する複数パケットの少なくとも1つに伝送ゆらぎが発生し、その結果、パケット受信装置での当該連続する複数パケットのパケット受信間隔 $T$ がパケット送信装置のパケット送出周期 $T_2$ 、706よりも長くなっている場合、パケット受信装置において、あるパケットに対する再生処理が終了したタイミングで、当該パケットの次に再生処理すべきパケットの再生処理が開始されない事態が発生することがある。この場合、パケット受信装置において、パケットをパケット交換網より受信した後に直ちに再生処理すると、あるパケットを再生することにより得られる再生信号と当該パケットの次に再生処理すべきパケットを再生することにより得られる再生信号との間に途切れが発生する。

また、パケットストリーム703中の3番目および4番目のパケットのように

、連続する複数パケットの少なくとも1つに伝送ゆらぎが発生し、その結果、パケット受信装置での当該連続する複数パケットのパケット受信間隔 $T_7$ がパケット送信装置のパケット送出周期 $T_6$ よりも短くなっている場合、パケット受信装置において、あるパケットに対する再生処理が終了する前に、当該パケットの次に再生すべきパケットの再生処理が開始されてしまう事態が発生することがある。この場合、パケット受信装置において、パケットをパケット交換網より受信した後に直ちに処理すると、あるパケットを再生することにより得られる再生信号につぶれが発生する。

以上のように、受信側において、パケット交換網より受信したパケットを直ちに処理すると、伝送ゆらぎによりメディアデータ信号の途切れやつぶれが発生する。そこで、従来は、受信側に伝送ゆらぎを吸収するためのバッファを設け、パケット交換網より受信したパケットをこのバッファに一旦格納するようにしている。そして、このバッファに所定パケット数分格納されるのを待ち、それからサンプリング周期に従い、このバッファからパケットを順番に読み出して再生処理する。このようにすることで、伝送ゆらぎによる途切れやつぶれの発生を防止しつつ、メディアデータ信号を再生できるようにしている。

図9は、受信側において、パケット交換網より受信したパケットを一旦バッファに格納してから処理する場合のメディアデータ信号の流れを説明するための図である。ここで、図8と同じ機能を有するものには同じ符号を付している。

図中、符号704aは、パケット受信装置内のバッファに格納されているパケット、符号709は、バッファに1番目のパケットが格納されてからパケットの再生処理を開始するまでのバッファリング待ち時間 $T_5$ 、そして、符号710は、パケットの再生周期 $T_4$ である。

さて、図9において、パケット受信装置は、パケット交換網を介してパケットを受信すると、これをバッファに一旦格納する。そして、バッファリング待ち時間 $T_5$ 709を経過するのを待ち、このバッファにパケットが所定パケット数分（ここでは2個）格納されてから、パケットの再生周期 $T_4$ 710に従い、このバッファから順番にパケットを読み出して再生処理する。このため、パケットストリーム703中の2番目および3番目のパケット、あるいは、3番目および4番

なお、受信側に伝送ゆらぎ吸収用のバッファを設ける場合、そのバッファサイズは、パケット交換網上で予想される最大の伝送ゆらぎを吸収できるように設定することが好ましい。しかし、パケット交換網上に、予想範囲を越えた伝送ゆらぎが発生することもある。バッファで吸収しきれない伝送ゆらぎが発生すると、バッファのアンダーフロー（バッファ内が空になっても、次に処理すべきパケットが到着しない状態）あるいはオーバーフロー（バッファがパケットで一杯なのにもかかわらず、パケットが次々と到着してしまう状態）が発生する。そこで、従来、バッファのアンダーフローが発生した場合は、パケットがバッファに所定パケット数分格納されるまでパケットの再生処理を中断し、所定パケット数分格納されてからパケットの再生処理を再開している。また、バッファのオーバーフローが発生した場合は、バッファをクリアすると共に、パケットがバッファに所定パケット数分格納されるまでパケットの再生処理を中断し、所定パケット数分格納されてから、パケットの再生処理を再開している。

図示するように、パケットストリーム 703 中の 51 番目および 52 番目のパケットのように、連続する複数パケットの少なくとも 1 つに予想範囲を越えた伝送ゆらぎが発生し、その結果、パケット受信装置での当該連続する複数パケットのパケット受信間隔  $T$  がパケット送信装置のパケット送出周期  $T_2$  706 よりも極端に長くなっている場合、パケット受信装置において、あるパケットに対する再生処理が終了したタイミングで、当該パケットの次に再生処理すべきパケットのバッファ内への格納が完了していない事態（アンダーフロー）が発生することがある。この場合、パケットの再生処理を中断する。そして、バッファリング待ち時間  $T_5$  709 を経過するのを待ち、このバッファにパケットが所定パケット

数分（ここでは2個）格納されてから、パケットの再生処理を再開する。その結果、バッファリング待ち時間 $T_{709}$ の間、再生信号に途切れが発生する。ここで、バッファリング待ち時間 $T_{709}$ は、吸収できる伝送ゆらぎを大きくするほど長くなる。

図11は、図9において、パケット受信装置内の伝送ゆらぎ吸収用バッファにオーバーフローが生じた場合の処理を説明するための図である。

図示するように、パケットストリーム703中の71番目および72番目のパケットのように、連続する複数パケットの少なくとも1つに予想範囲を越えた伝送ゆらぎが発生し、その結果、パケット受信装置での当該連続する2つのパケットのパケット受信間隔 $T$ がパケット送信装置のパケット送出周期 $T_{706}$ よりも極端に短くなっている場合、パケット受信装置において、バッファ内がパケットで満杯状態なのにもかかわらず、新たなパケットが到着してしまう事態（オーバーフロー）が発生することがある。この場合、バッファを一旦リセットする（バッファ内クリア）。そして、バッファリング待ち時間 $T_{709}$ を経過するのを待ち、このバッファにパケットが所定パケット数分（ここでは2個）格納されてから、パケットの再生処理を再開する。その結果、バッファリング待ち時間 $T_{710}$ の間、再生信号に途切れが発生する。ここで、バッファリング待ち時間 $T_{709}$ は、吸収できる伝送ゆらぎを大きくするほど長くなる。

#### SUMMARY OF THE INVENTION

上述したように、従来は、受信側に伝送ゆらぎを吸収するためのバッファを設け、パケット交換網より受信したパケットをこのバッファに一旦格納するようにしている。そして、サンプリング周期に従い、このバッファからパケットを順番に読み出して処理している。

ところで、従来は、送信側において、入力メディアデータ信号からパケットストリームを生成するために用いるクロックを発生するクロック発生器と、受信側において、バッファからパケットを順番に読み出して再生処理するために用いるクロックを発生するクロック発生器との精度誤差を考慮していない。両者に誤差があると、送信側でのサンプリング周期 $T_{705}$ （パケット送出周期 $T_{706}$

）と、受信側でのパケット再生周期 $T_{r710}$ との間に差が生じる。これにより、バッファ内に格納されるパケット数が増減する。そして、最終的に、バッファのアンダーフローあるいはオーバーフローを引き起こす。

従来は、このような原因により発生するバッファのアンダーフローあるいはオーバーフローも、予想範囲を越えた伝送ゆらぎにより発生するバッファのアンダーフローあるいはオーバーフローと同様に処理していた。上述したように、バッファのアンダーフローあるいはオーバーフローが発生した場合に行なわれるパケットの再生処理中断の時間（バッファリング待ち時間 $T_{r710}$ ）は、バッファで吸収できる伝送ゆらぎを大きくするほど長くなる。このような長時間の再生信号の途切れは、リアルタイム通信の品質を劣化させる。

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、リアルタイム通信において、バッファのアンダーフローあるいはオーバーフローによって生じるメディアデータ信号の長時間の途切れを低減することにある。

具体的には、メディアデータ信号からパケットストリームを生成するために用いるクロックのクロック周期と、パケットストリームを処理してメディアデータ信号を再生するために用いるクロックのクロック周期との誤差による、バッファのアンダーフローあるいはオーバーフローを防止することにある。

上記課題を解決するために、本発明のパケット処理装置は、パケットストリームを形成するパケットをパケット交換網より受信する網インターフェース部と、前記網インターフェース部により受信されたパケットを一時格納するためのバッファと、前記バッファに格納されているパケットを順番に読み出して処理する処理部と、定期的に前記バッファの状態を監視する監視部と、を備える。

ここで、前記監視部は、前記バッファに格納されているパケットのデータ数が所定回連続して所定データ数より増加傾向を示している場合、前記処理部に、当該処理部が次に読み出して処理すべきパケットのデータを少なくとも1つスキップさせ、前記バッファに格納されているパケットのデータ数が所定回連続して所定データ数より減少傾向を示している場合、前記処理部に、少なくとも1つのパケットを読み出して処理を行なうのに要する時間中、動作を中断させる。

一般に、伝送ゆらぎは一時的なものであり、また、伝送ゆらぎによる前記バッ

ファ内のパケットの増減には、長期的にみると傾向がない。

これに対し、メディアデータ信号からパケットストリームを生成するために用いるクロックのクロック周期と、パケットストリームを処理してメディアデータ信号を再生するために用いるクロックのクロック周期との間の誤差による、前記バッファ内のパケット数の増減には、長期的に見ると一定の傾向がある。

例えば、メディアデータ信号の再生周期がメディアデータ信号のサンプリング周期よりも短い場合、前記バッファ内のパケット数は長期的に見るとアンダーフロー傾向となる。一方、前記再生周期が前記サンプリング周期よりも長い場合、前記バッファ内のパケット数は長期的に見るとオーバーフロー傾向となる。

そこで、本発明のパケット処理装置では、前記監視部により前記バッファの状態を定期的に監視するようにしている。

そして、前記バッファ内のパケット数が所定回連続して所定データ数より増加傾向である場合は、前記サンプリング周期と前記再生周期とのずれによりオーバーフロー傾向にあると判断し、前記処理部に、前記バッファから次に読み出して処理すべきパケットのデータを、少なくとも1つスキップさせている。また、前記バッファ内のパケット数が所定回連続して所定データ数より減少傾向である場合は、前記サンプリング周期と前記再生周期とのずれによりアンダーフロー傾向にあると判断し、前記処理部に、少なくとも1つのパケットを読み出して処理を行なうのに要する時間、動作を中断させている。

このようにすることで、本発明によれば、前記サンプリング周期と前記再生周期とのずれによる前記バッファのアンダーフローやオーバーフローを防止することができる。したがって、前記バッファのアンダーフローやオーバーフローによって生じるメディアデータ信号の長時間（バッファリング待ち時間）の途切れの発生頻度を低減することができる。

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図1は、本発明の一実施形態が適用されたパケット受信装置を用いたリアルタイム通信システムの概略構成図である。

図2は、図1に示すパケット受信装置3の監視部35aでの動作を説明するた

めのフロー図である。

図 3 は、図 1 に示すパケット受信装置 3 のハードウェア構成例図である。

図 4 は、図 1 に示すリアルタイム通信システムにおいて、パケット受信装置 3 の再生周期がパケット送信装置 1 のサンプリング周期（パケット送出周期）よりも短い場合のメディアデータ信号の流れを説明するための図である。

図 5 は、図 1 に示すリアルタイム通信システムにおいて、パケット受信装置 3 の再生周期がパケット送信装置 1 のサンプリング周期（パケット送出周期）より長い場合のメディアデータ信号の流れを説明するための図である。

図 6 は、図 1 に示すリアルタイム通信システムにおいて、パケット受信装置 3 の再生周期がパケット送信装置 1 のサンプリング周期（パケット送出周期）より長い場合のメディアデータ信号の流れを説明するための図である。

図 7 は、図 1 に示すリアルタイム通信システムにおいて、パケット交換網 2 上に予想範囲外の伝送ゆらぎが発生して、バッファ 3 4 がオーバーフローした場合のメディアデータ信号の流れを説明するための図である。

図 8 は、従来のリアルタイム通信システムにおいて、受信側がパケット交換網より受信したパケットを直ちに処理する場合のメディアデータ信号の流れを説明するための図である。

図 9 は、従来のリアルタイム通信システムにおいて、受信側がパケット交換網より受信したパケットを一旦バッファに格納してから処理する場合のメディアデータ信号の流れを説明するための図である。

図 10 は、図 9 において、パケット受信装置内の伝送ゆらぎ吸収用バッファにアンダーフローが生じた場合の処理を説明するための図である。

図 11 は、図 9 において、パケット受信装置内の伝送ゆらぎ吸収用バッファにオーバーフローが生じた場合の処理を説明するための図である。

## DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

以下、本発明の実施の形態について説明する。

図 1 に、本発明の一実施形態が適用されたパケット受信装置を用いたリアルタイム通信システムの構成を示す。

図中、符号1はパケット送信装置、符号2はIP (Internet Protocol) 網等のパケット交換網、そして、符号3は、本発明の一実施形態が適用されたパケット受信装置である。

パケット送信装置1において、ビデオカメラで得られたビデオ信号やマイクで得られたオーディオ信号等のメディアデータ信号は、入力インターフェース (I/F) 部11を介して符号化部13に入力される。符号化部13は、クロック生成部15より供給される基準クロック信号により特定されるサンプリング周期に従い、入力I/F部11より渡されたメディアデータ信号をサンプリングして符号化し、符号化データをパケット化部14に渡す。

パケット化部14は、前記符号化データをペイロードに格納し、ヘッダにパケット受信装置3のアドレスを格納して、パケットを生成する。そして、生成したパケットを、前記サンプリング周期に従い、網I/F部12を介して、パケット交換網2へ送出する。

これにより、パケット送信装置1は、メディアデータ信号を表すパケットストリームを構成する各パケットを、前記基準クロック信号により定まるサンプリング周期 (パケット送出周期) で、順番に、パケット交換網2へ送出する。

一方、パケット受信装置3において、網I/F部31は、パケット交換網2よりパケット受信装置3宛のパケットを受信してデータ抽出部33に渡す。データ抽出部33は、網I/F部31より受け取ったパケットのペイロードから符号化データを抽出し、これをバッファ34に格納する。

ここで、バッファ34には、例えばデュアルポートRAMが用いられる。バッファ34は、前回格納した符号化データの格納先アドレスをNとすると、今回格納する符号化データの格納先アドレスをN+1とする。このとき、格納先アドレスNが最大アドレス値であるときは、今回格納する符号化データの格納先アドレスを1とする。また、バッファ34は、前回読み出した符号化データの格納先アドレスをMとすると、今回読み出す符号化データの格納先アドレスをM+1とする。このとき、格納先アドレスMが最大アドレス値であるときは、今回格納する符号化データの格納先アドレスを1とする。このように、バッファ34をリング状に使用する。

復号化部 35 は、クロック生成部 36 より供給される基準クロック信号（クロック発生部 15 より出力される基準クロック信号のクロック周期と理想的には同一である）により定まる再生周期に従って、バッファ 34 から符号化データを順番に読み出し復号化する。そして、復号化データを出力 I/F 部 32 を介して出力する。

これにより、パケット受信装置 3 は、パケット交換網 2 を介してパケット送信装置 1 から受信したパケットストリームより、メディアデータ信号を再生する。

さて、上述したように、クロック生成部 36 より出力される基準クロック信号のクロック周期と、クロック発生部 15 より出力される基準クロック信号のクロック周期とは、理想的には同一である。しかし、実際には、精度誤差等により両者間に差が生じる。このため、パケット送信装置 1 のサンプリング周期とパケット受信装置 2 の再生周期とに差が発生する。このため、パケット交換網 3 に伝送ゆらぎが発生していなくても、一定時間内にバッファ 34 に格納されるデータ数と前記一定時間内にバッファ 34 から読み出されるデータ数とに差が生じる。このデータ数差が時間経過と共に蓄積されて、バッファ 34 のアンダーフローあるいはオーバーフローを引き起こす。

そこで、本実施形態では、復号化部 35 に監視部 35a を設けている。そして、この監視部 35a により、バッファ 34 から読み出すデータのアドレスを制御するなどの同期処理を行ない、パケット送信装置 1 およびパケット受信装置 3 間のクロック誤差を原因とするバッファ 34 のアンダーフローおよびオーバーフローを防止するようにしている。

図 2 に、監視部 35a での動作フローを示す。このフローは、パケット受信装置 2 の再生周期に同期して実行される。

まず、監視部 35a は、バッファ 34 がアンダーフローしているか否かを判断する（S2001）。これは、復号化部 35 が今回読み出すべき符号化データの格納アドレスを N とした場合、以下の要領により判断することができる。

すなわち、復号化部 35 がアドレス N から符号化データを読み出した後に、データ抽出部 23 によって新たな符号化データがアドレス N に書き込まれているか否かを調べる。書き込まれている場合、格納アドレス N に今回読み出すべき符号

化データが格納されていることになるので、アンダーフローしていないものと判断する。一方、書き込まれていない場合、格納アドレスNに今回読み出すべき符号化データが未だ格納されていないことになるので、アンダーフローしているものと判断する。

ステップS2001において、アンダーフローしているものと判断した場合は、復号化部35にバッファ34からの符号化データの読み出しを中断させる（S2002）。そして、データ抽出部23によって新たな符号化データがバッファ34に標準データ格納数（予想される伝送ゆらぎを吸収するのに必要なデータ数）個格納されるのを待って（S2003）、復号化部35にバッファ34からの符号化データの読み出しを再開させる（S2004）。

一方、ステップS2001において、アンダーフローしていないものと判断した場合、監視部35aは、バッファ34がオーバーフローしているか否かを判断する（S2005）。これは、復号化部35が今回読み出すべき符号化データの格納アドレスをNとした場合、以下の要領により判断することができる。

すなわち、復号化部35がアドレスNから符号化データを読み出した後に、データ抽出部23によって新たな符号化データがアドレスNに2度書き込まれているか否かを調べる。2度書き込まれている場合、格納アドレスNに格納されていた今回読み出すべき符号化データが、読み出されることなく、その次に読み出すべき符号化データに更新されていることになるので、オーバーフローしているものと判断する。一方、2度書き込まれていない場合は、格納アドレスNに今回読み出すべき符号化データが格納されていることになるので、オーバーフローしていないものと判断する。

S2005において、オーバーフローしているものと判断した場合は、復号化部35に、今回読み出すべき符号化データの格納アドレスを、前記標準データ格納数-1個分スキップさせる（S2006）。例えば、前記標準データ格納数がnであり、復号化部35が今回読み出そうとしている符号化データの格納アドレスがNである場合、復号化部35が今回読み出すべき符号化データの格納アドレスを $N+n-1$ に設定する。

さて、S2005において、オーバーフローしていないものと判断した場合、

監視部 35 a は、同期処理タイミングならば (S 2007)、パケット送信装置 1 およびパケット受信装置 3 間のクロック誤差によるバッファ 34 のオーバーフローおよびアンダーフローを防止するために、以下の同期処理を行なう (S 2008 ~ S 2016)。

なお、本実施形態では、同期処理の周期を、クロック生成部 36 より出力される基準クロック信号により定まる再生周期の数倍としている。

まず、監視部 35 a は、復号化部 35 がバッファ 34 から符号化データを読み出すタイミングで、この読み出し対象の符号化データより前記標準データ格納数 - 1 個分後の符号化データ、および、それに続く符号化データのバッファ 34 への格納状態を調べる。これにより、バッファ 35 のデータ格納数の前記標準データ格納数に対する増減傾向を判断する (S 2008)。

例えば、前記標準データ格納数を  $n$  とする。読み出し対象の符号化データの格納アドレスを  $N$  とした場合、この符号化データの読み出し開始タイミングにて、格納アドレス  $N+n-1$  への符号化データの書き込みが未だ完了していない場合は、データ格納数が減少傾向にあるものと判断する。一方、格納アドレス  $N+n-1$  への符号化データの書き込みが既に完了し、さらに、格納アドレス  $N+n$  への符号化データの書き込みも完了している場合は、データ格納数が増加傾向にあるものと判断する。そして、上記のどちらにも当てはまらない場合、すなわち、格納アドレス  $N+n-1$  への符号化データの書き込みは完了しているが、格納アドレス  $N+n$  への符号化データの書き込みは未完了である場合は、符号化データ格納数に増減傾向なしと判断する。

次に、今回の S 2008 での判断結果を含め、所定回数連続して S 2008 での判断結果が符号化データ格納数の増加傾向を示している場合は、S 2011 に移行し、所定回数連続して S 2008 での判断結果が符号化データ格納数の減少傾向を示している場合は、S 2012 に移行する (S 2009、S 2010)。

上述したように、一般に、伝送ゆらぎは一時的なものであり、また、伝送ゆらぎによるバッファ 34 内のパケット増減には長期的にみると傾向がない。しかし、短期的に見ると、バッファ 34 内のデータ数の増減に一定の傾向が見られることがある。このため、前記所定回数を少なくすると、バッファ 34 内の符号化デ

ータ格納数の増減傾向が、パケット送信装置 1 およびパケット受信装置 3 間のクロック誤差によるものか、それとも、パケット交換網 2 上で発生した伝送ゆらぎによるものかの区別ができなくなる。

そこで、前記所定回数は、バッファ 3 4 内のデータ格納数の増減傾向が、パケット送信装置 1 およびパケット受信装置 3 間のクロック誤差によるものか、それとも、パケット交換網 2 上で発生した伝送ゆらぎによるものかを区別するのに十分な時間（＝再生周期×前記所定回数）となるように、設定する。

なお、所定回数連続して S 2 0 0 8 での判断結果がデータ格納数の増加傾向を示しているか、それとも、減少傾向を示しているかの判断は、例えば、以下のように行なえばよい。

すなわち、監視部 3 5 a にデータ増加カウンタとデータ減少カウンタとを設ける。S 2 0 0 8 での判断結果がデータ格納数の増加傾向を示しているならば、データ増加カウンタのカウント値を 1 つインクリメントすると共にデータ減少カウンタをリセットする。一方、S 2 0 0 8 での判断結果がデータ格納数の減少傾向を示しているならば、データ減少カウンタのカウント値を 1 つインクリメントすると共にデータ増加カウンタをリセットする。また、S 2 0 0 8 での判断結果がデータ格納数の増減傾向なしを示しているならば、データ増加カウンタおよびデータ減少カウンタを共にリセットする。

次に、監視部 3 5 a に、データ増加カウンタのカウント値とデータ減少カウンタのカウント値とを調べさせる。そして、データ増加カウンタのカウント値が所定値に達している場合は、所定回数連続して S 2 0 0 8 での判断結果が符号化データ格納数の増加傾向を示しているものと判断する。一方、データ減少カウンタのカウント値が所定値に達している場合は、所定回数連続して S 2 0 0 8 での判断結果が符号化データ格納数の減少傾向を示しているものと判断する。

さて、S 2 0 1 1 において、監視部 3 5 a は、復号化部 3 5 に、バッファ 3 4 から今回読み出すべき符号化データの格納アドレスを、少なくとも 1 つのデータ数（但し、少なくとも S 2 0 0 6 でのスキップ数以下とする）分スキップさせる。例えば、復号化部 3 5 が今回読み出そうとしている符号化データの格納アドレスが N である場合、復号化部 3 5 が今回読み出すべき符号化データの格納アドレ

スを $N+n'$ （ここで、 $n' \leq n-1$ 、 $n$ は前記標準データ格納数）に設定する。

一方、S2012において、監視部35aは、復号化部35に、バッファ34からの符号化データの読み出しを中断させる。そして、クロック生成部36より出力される基準クロック信号により定まる再生周期の少なくとも1周期分（但し、少なくともS2003での待ち時間より短くする）経過するのを待って（S2013）、復号化部35にバッファ34からの符号化データの読み出しを再開させる（S2014）。

最後に、監視部35aは、S2011あるいはS2012～S2014の処理を実行した場合、自身が保持しているS2008での判断結果の履歴（データ格納数の増減傾向の履歴）をクリアする（S2015）。監視部35aに、上述したデータ増加カウンタとデータ減少カウンタとが設けられている場合は、両カウンタをリセットする。

次に、図1に示すリアルタイム通信システムでのメディアデータ信号の流れについて説明する。

先ず、パケット受信装置3の再生周期がパケット送信装置1のサンプリング周期（パケット送出周期）よりも短い場合のメディアデータ信号の流れについて説明する。

図4は、図1に示すリアルタイム通信システムにおいて、パケット受信装置3の再生周期がパケット送信装置1のサンプリング周期（パケット送出周期）よりも短い場合のメディアデータ信号の流れを説明するための図である。

ここでは、説明を簡単にするために、パケット交換網2上に伝送ゆらぎは発生していないものとする。また、バッファ34の標準データ格納数を2、同期処理の周期を再生周期 $T_{4710}$ の3倍、図2のS2009、2010での所定回数を2としている。なお、図8～図11と同じ機能を有するものには同じ符号を付している。

さて、図4において、パケット受信装置3は、パケット交換網2を介してパケットを受信すると、パケットから符号化データを取り出してバッファ34に一旦格納する。そして、バッファリング待ち時間 $T_{5709}$ を経過するのを待って再生処理を起動する。つまり、バッファ34に標準データ格納数分（ここでは2個

）の符号化データが格納されたタイミングで再生処理を起動する。その後、再生周期 $T_4 710$ に従い、このバッファ34から順番に符号化データを読み出して再生処理する。

ここで、監視部35aは、上述したように、同期処理のタイミング（再生周期 $T_4 710$ の3倍、つまり、 $4k$ （ $k$ は自然数）回目の再生処理タイミング）になると、復号化部35が今回処理しようとしている符号化データの格納アドレスを $N$ とした場合、この符号化データの読み出し開始タイミングにて、格納アドレス $N+2-1$ への符号化データの書き込みが未だ完了していないか否かを調べる。

図4に示す例では、パケット受信装置3の再生周期 $T_4 710$ がパケット送信装置1のサンプリング周期 $T_1 705$ （パケット送出周期 $T_2 706$ ）より短く、且つ、伝送ゆらぎは発生していないものとしている。1回目の同期処理のタイミングでは、復号化部35が次に処理すべき4番目のパケットの符号化データより2-1個後の5番目のパケットの符号化データの書き込みが完了していない。このため、監視部35aは、データ格納数が減少傾向にあると判断する。また、2回目の同期処理のタイミングでも、復号化部35が次に処理すべき7番目のパケットの符号化データより2-1個後の8番目のパケットの符号化データの書き込みが完了していないので、監視部35aは、データ格納数が減少傾向にあると判断する。よって、2回連続してデータ格納数が減少傾向にあると判断されたことになるので、監視部35aは、復号化部35に、バッファ34からの符号化データの読み出しを中断させる。そして、再生周期 $T_4 710$ の少なくとも1周期分（ここでは再生周期 $T_4 710$ の1周期分）経過するのを待って、復号化部35にバッファ34からの符号化データの読み出しを再開させる。

次に、パケット受信装置3の再生周期がパケット送信装置1のサンプリング周期（パケット送出周期）より長い場合のメディアデータ信号の流れについて説明する。

図5および図6は、図1に示すリアルタイム通信システムにおいて、パケット受信装置3の再生周期がパケット送信装置1のサンプリング周期（パケット送出周期）より長い場合のメディアデータ信号の流れを説明するための図である。

ここでは、図4と同様、パケット交換網2上に伝送ゆらぎは発生していないも

のとする。また、バッファ 3 4 の標準データ格納数、同期処理の周期、図 2 の S 2 0 0 9、2 0 1 0 での所定回数についても、図 4 と同じ条件とする。

監視部 3 5 a は、同期処理のタイミングになると、上述したように、復号化部 3 5 が今回処理すべき符号化データの格納アドレスを N とした場合、この符号化データの読み出し開始タイミングにて、格納アドレス N+2 への符号化データの書き込みが既に完了しているか否かを調べている。

図 5 および図 6 に示す例では、パケット受信装置 3 の再生周期  $T_4$  7 1 0 がパケット送信装置 1 のサンプリング周期  $T_1$  7 0 5 (パケット送出周期  $T_2$  7 0 6) より長く、且つ、伝送ゆらぎは発生していないものとしている。1 回目の同期処理のタイミングでは、復号化部 3 5 が今回処理すべき 4 番目のパケットの符号化データより 2 個後の 6 番目のパケットの符号化データの書き込みは完了していない。このため、監視部 3 5 a は、データ格納数に増減傾向なしと判断する。しかし、2 回目の同期処理のタイミングでは、復号化部 3 5 が今回処理すべき 7 番目のパケットの符号化データより 2 個後の 8 番目のパケットの符号化データの書き込みが完了している。したがって、監視部 3 5 a は、データ格納数が増加傾向にあると判断する。また、3 回目の同期処理のタイミングでも、復号化部 3 5 が今回処理すべき 1 0 番目のパケットの符号化データより 2 個後の 1 2 番目のパケットの符号化データの書き込みが完了しているので、監視部 3 5 a は、データ格納数が増加傾向にあると判断する。よって、2 回連続してデータ格納数が増加傾向にあると判断されたことになるので、監視部 3 5 a は、復号化部 3 5 に、バッファ 3 4 から今回読み出して処理すべき符号化データの格納アドレスを 1 データ数分スキップさせる。つまり、1 1 番目のパケットの符号化データを処理対象データに設定する。

次に、パケット交換網 2 上に予想範囲外の伝送ゆらぎが発生して、バッファ 3 4 がアンダーフローあるいはオーバフローした場合のメディアデータ信号の流れについて説明する。

バッファ 3 4 がアンダーフローした場合は、図 1 0 に示したメディアデータ信号の流れと同様になる。つまり、監視部 3 5 a は、復号化部 3 5 に、バッファ 3 4 からの符号化データの読み出しを中断させる。そして、バッファ 3 4 に前記標

標準データ格納数（ここでは2個）の符号化データが格納されるのを待って、符号化データの読み出しを再開させる。その結果、バッファリング待ち時間 $T_{709}$ の間、メディアデータ信号が再生されない途切れが発生する。ここで、バッファリング待ち時間 $T_{709}$ は、標準データ格納数を大きくするほど、つまり、吸収できる伝送ゆらぎを大きくするほど長くなる。

一方、バッファ34がオーバーフローした場合は、図7に示すようになる。つまり、監視部35aは、復号化部35に、バッファ34からの符号化データの読み出しアドレスを、前記標準データ格納数（ここでは2個）分スキップさせる。その結果、前記標準データ格納数分の信号飛びが発生する。ここで、前記標準データ格納数は、吸収できる伝送ゆらぎを大きくするほど大きくなる。

以上、本実施形態の一実施形態について説明した。

本実施形態のパケット受信装置2では、監視部35aによりバッファ34の状態を定期的に監視するようにしている。そして、バッファ34内の符号化データ数が所定回連続して標準データ格納数（予想される伝送ゆらぎを吸収するに十分な符号化データ数）より増加傾向である場合、パケット送信装置1のサンプリング周期とパケット受信装置2の再生周期とのずれによりオーバーフロー傾向にあると判断し、復号化部35に、バッファ35から今回読み出して処理すべき符号化データを、少なくとも1つスキップさせている。また、バッファ34内の符号化データ数が所定回連続して前記標準データ格納数より減少傾向である場合は、前記サンプリング周期と前記再生周期とのずれによりアンダーフロー傾向にあると判断し、処理部35に、前記再生周期の少なくとも1周期分、動作を中断させている。

このようにすることで、本実施形態によれば、前記サンプリング周期と前記再生周期とのずれによるバッファ34のアンダーフローやオーバーフローを防止することができる。したがって、バッファ34のアンダーフローやオーバーフローによって生じるメディアデータ信号の長時間（バッファリング待ち時間）の途切れの発生頻度を低減することができる。

なお、図4～図11に示した例では、説明を簡単にするために標準データ格納数を2個としている。しかし、実際には、パケット交換網2上で予想される伝送

ゆらぎを吸収するために、標準データ格納数を大きな値に設定しなければならない。したがって、バッファ34のアンダーフローやオーバーフローが生じると、メディアデータ信号の長時間（バッファリング待ち時間）の途切れが発生し、リアルタイム通信の品質を劣化させる。この点、本実施形態によれば、従来に比べ、バッファ34のアンダーフローやオーバーフローが生じる頻度を減らすことができるので、リアルタイム通信の品質向上が期待できる。

なお、本発明は、上記の実施形態に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で数々の変形が可能である。

例えば、上記の実施形態において、パケット受信装置2は、ASIC（Application Specific Integrated Circuits）、FPGA（Field Programmable Gate Array）などの集積ロジックICによりハード的に実現されるものでもよいし、あるいは、DSP（Digital Signal Processor）などの計算機によりソフトウェア的に実現されるものでもよい。

あるいは、図3に示すような、CPU41、メモリ42、ハードディスク等の外部記憶装置43、パケット交換網2を介してパケット送信装置1と通信を行うための通信装置44、キーボードやマウス等の入力装置45、ディスプレイ等の出力装置46、CD-ROMやFD等の記憶媒体49からデータを読み取る読取装置47、および、これらの各構成要素間のデータ送受を行うインターフェース48を備えた一般的なコンピュータシステムにおいて、CPU41がメモリ42上にロードした所定のプログラムを実行することにより実現できる。なお、この所定のプログラムは、読取装置47を介して当該プログラムが記憶された記憶媒体49から、あるいは、通信装置44を介してパケット交換網2から入手して、直接メモリ42上にロードするか、もしくは、一旦、外部記憶装置43に格納してから、メモリ42上にロードすればよい。

また、上記の実施形態では、パケット受信装置2のバッファ34を、リング状に使用する場合を例にとり説明しているが、本発明はこれに限定されない。例えば、同一再生周期にて、データの読み出しと消去とを同時実行できるものであれば、FIFOタイプのバッファメモリを用いることも可能である。

また、上記の実施形態では、パケット受信装置2の監視部35aは、バッファ

34がオーバーフローした場合、復号化部35に、処理すべき符号化データの読み出しアドレスを標準データ格納数分スキップさせている。しかし、本発明はこれに限定されない。図11を用いて説明した従来技術のように、バッファ34内をクリアし、標準データ格納数分の符号化データが格納される間、復号化部35に、処理を中断させるようにしてもよい。

以上説明したように、本発明によれば、リアルタイム通信において、バッファのアンダーフローあるいはオーバーフローによって生じるメディアデータ信号の長時間の途切れを低減することができる。

## CLAIMS

1. パケット交換網を介して受信したパケットストリームを処理するパケット処理装置であって、

前記パケットストリームを形成するパケットを前記パケット交換網より受信する網インターフェース部と、

前記網インターフェース部により受信されたパケットのデータを一時格納するためのバッファと、

前記バッファに格納されているパケットのデータを順番に読み出して処理する処理部と、

定期的に前記バッファの状態を監視する監視部と、を備え、

前記監視部は、

前記バッファに格納されているパケットのデータ数が所定回連続して所定データ数より増加傾向を示している場合、前記処理部に、当該処理部が次に読み出して処理すべきパケットのデータを少なくとも1つスキップさせ、

前記バッファに格納されているパケットのデータ数が所定回連続して所定データ数より減少傾向を示している場合、前記処理部に、少なくとも1つのパケットを読み出して処理を行なうのに要する時間中、動作を中断させること

を特徴とするパケット処理装置。

2. 請求項1記載のパケット処理装置であって、

前記監視部は、

定期的に、前記処理部の前記バッファからのパケットのデータの読み出しタイミングに同期して、前記バッファの状態を監視し、その結果、前記処理部が前記バッファから読み出そうとしているパケットのデータより前記所定データ数-1個後のパケットのデータの前記バッファへの格納が完了していない場合に、前記バッファに格納されているパケットのデータ数が所定データ数より減少傾向にあると判定し、前記処理部が前記バッファから読み出そうとしているパケットのデータより前記所定データ数個後のパケットのデータの前記バッファへの格納が完了している場合に、前記バッファに格納されているパケットのデータ数が所定データ数より増加傾向にあると判定すること

を特徴とするパケット処理装置。

3. 請求項1記載のパケット処理装置であって、

前記監視部は、

前記バッファがアンダーフローした場合、前記処理部に、前記バッファに前記所定データ数のパケットのデータが格納されるまで動作を中断させ、

前記バッファがオーバフローした場合、前記処理部に、当該処理部が次に読み出して処理すべきパケットのデータを前記所定データ数分スキップさせること

を特徴とするパケット処理装置。

4. 請求項1記載のパケット処理装置であって、

前記パケットストリームは、オーディオ信号またはビデオ信号を表しており、

前記処理部は、

前記バッファに格納されているパケットを順番に読み出して処理することで、前記パケット交換網を介して受信した前記パケットストリームが表すオーディオ信号あるいはビデオ信号のリアルタイム再生を行なうこと

を特徴とするパケット処理装置。

5. パケット交換網を介してコンピュータシステムが受信したパケットストリー

ムを処理するためのパケット処理プログラムであって、

前記パケット処理プログラムは、前記コンピュータシステムに読み取られて実行されることにより、

前記パケット交換網を介して受信した前記パケットストリームを形成するパケットを一時格納するためのバッファと、

前記バッファに格納されているパケットを、順番に読み出して、処理する処理部と、

定期的に前記バッファの状態を監視する監視部とを、前記コンピュータシステム上に構築し、

前記監視部は、

前記バッファに格納されているパケットのデータ数が所定回連続して所定データ数より増加傾向を示している場合、前記処理部に、当該処理部が次に読み出して処理すべきパケットのデータを少なくとも1つスキップさせ、

前記バッファに格納されているパケットのデータ数が所定回連続して所定データ数より減少傾向を示している場合、前記処理部に、少なくとも1つのパケットを読み出して処理を行なうのに要する時間中、動作を中断させること

を特徴とするパケット処理プログラム。

6. 請求項5記載のパケット処理プログラムが記憶された、コンピュータシステムで読み取り可能な記憶媒体。

7. パケット交換網を介して受信したパケットストリームを処理するパケット処理方法であって、

前記パケットストリームを形成するパケットを前記パケット交換網より受信して、バッファに一時格納する格納ステップと、

前記バッファに格納されているパケットを順番に読み出して処理する処理ステップと、

定期的に前記バッファの状態を監視する監視ステップと、を備え

前記監視ステップは、

前記バッファに格納されているパケットのデータ数が所定回連続して所定データ数より増加傾向を示している場合、前記処理ステップにて次に読み出して処理されるべきパケットのデータを少なくとも1つスキップさせ、

前記バッファに格納されているパケットのデータ数が所定回連続して所定データ数より減少傾向を示している場合、前記処理ステップでの処理を、少なくとも1つのパケットを読み出して処理を行なうのに要する時間中断させることを特徴とするパケット処理方法。

#### ABSTRACT

リアルタイム通信において、バッファのアンダーフローあるいはオーバーフローによって生じるメディアデータ信号の長時間の途切れを低減する。監視部35aは、バッファ34の状態を定期的に監視する。バッファ34内の符号化データ数が所定回連続して標準データ格納数より増加傾向である場合、オーバーフロー傾向にあると判断し、復号化部35に、バッファ35から今回読み出して処理すべき符号化データを、少なくとも1つスキップさせる。また、バッファ34内の符号化データ数が所定回連続して前記標準データ格納数より減少傾向である場合は、アンダーフロー傾向にあると判断し、処理部35に、前記再生周期の少なくとも1周期分、動作を中断させる。